

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie
(Vorsteher: Prof. Dr. H. Marx) der Klinik und Poliklinik für Zahn-,
Mund- und Kieferkrankheiten der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DUBLIERMASSEN
UNTER DEN BEDINGUNGEN DES PROTHESENGIESSVERFAHRENS

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der Hohen Medizinischen Fakultät Mainz

vorgelegt von

KLAUS-JÜRGEN WÄCHTER

aus Schweidnitz/Schlesien

Mainz 1973

Aus der Abteilung für zahnärztliche Werkstoffkunde
und Technologie (Vorsteher: Prof.Dr. H.Marx) der
Klinik und Poliklinik für Zahn-,Mund-und Kiefer-
krankheiten der Johannes Gutenberg- Universität Mainz

EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN ÜBER
DUBLIERMASSEN UNTER DEN BEDINGUNGEN
DES PROTHESENGIESSVERFAHRENS

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Würde eines Doktors der Zahn-
heilkunde der Hohen Medizinischen Fakultät Mainz

vorgelegt von
Klaus-Jürgen Wächter
aus Schweidnitz/Schlesien

Mainz 1973

Dekan: Prof.Dr.Dr. Ketterl

Referent: Prof.Dr. Marx

Korreferent: Prof.Dr. Fuhr

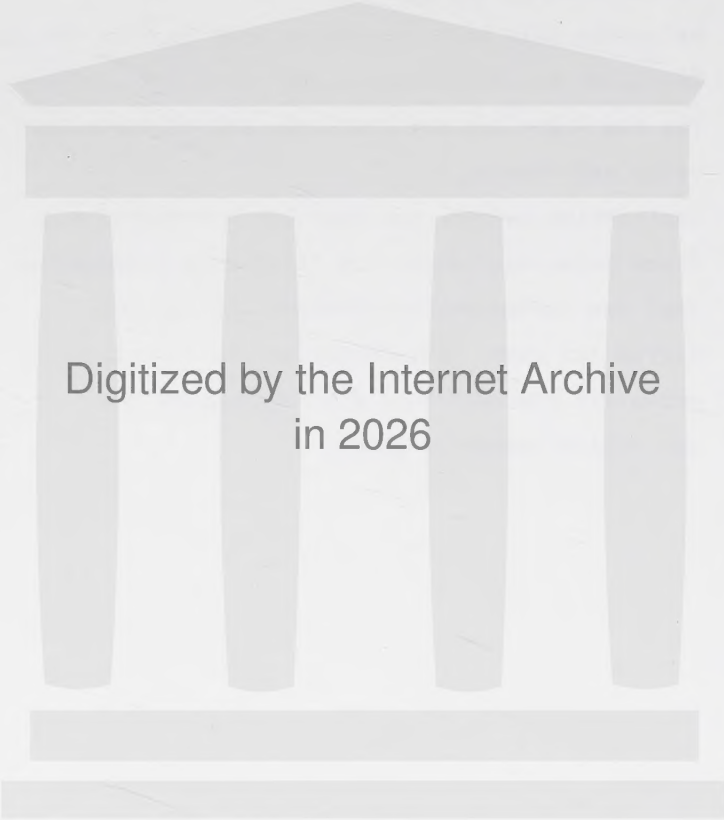


Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Ich möchte mich ganz besonders bei Herrn Prof.Dr.Marx für die Überlassung des Themas und die fachliche Unterstützung bedanken.

Weiterhin gilt mein Dank Herrn Prof.Dr.Fuhr für die Übernahme des Korreferates und Herrn Prof.Dr.Berger für die Hilfe bei der Abfassung des statistischen Teils der Arbeit.

Schließlich bedanke ich mich bei den Herren der Firma Scheu-Dental für die hilfreiche Information über das Prothesengießverfahren und bei den Herren der Firma Wilh.Herbst, die so freundlich waren, mir Auskunft über die Grundsubstanzen der Dubliermassen zu geben.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554426_0012

I. Einleitung

In der zahnärztlichen Prothetik wird seit einiger Zeit über ein neues Verfahren zur Herstellung von Kunststoffprothesen diskutiert. Diese Art der Herstellung wird gelegentlich als "Gießharztechnik" (12), "Fließharztechnik" (19) oder als "Prothesengießverfahren" (18) bezeichnet.

Ein wesentlicher Unterschied zum herkömmlichen Verfahren besteht in der Verwendung spezieller Kunststoffe mit einer gießbaren Phase und dem Gebrauch von Dubliergelen als Formmasse.

Derartige Dubliermassen wurden bisher ausschließlich bei der sogenannten Modellgußtechnik verwendet. Sie dienen dazu, Duplikate von Meistermodellen aus Einbettmasse herzustellen, auf denen dann die Prothese aus Wachs modelliert und in Metall gegossen wird.

In der vorliegenden Arbeit soll experimentell nachgeprüft werden, wie sich Dubliermassen unter den Bedingungen verhalten, denen sie beim Prothesengießverfahren ausgesetzt sind.

II.A. Prothesengießverfahren

Von GOTTFRIEDSEN (12) erfahren wir, daß bereits in den 50 iger Jahren amerikanische Zahnärzte und Zahntechniker der Besatzungssoldaten in Deutschland an einem neuen Verfahren zur Herstellung von Prothesen experimentierten. In den USA vervollständigt und erfolgreich angewandt, ist diese Technik vor etwa 2 Jahren auf dem deutschen Dentalmarkt eingeführt worden.

Das Prothesengießverfahren ist unkompliziert und einfach handzuhaben. Man braucht dazu eine Spezialkuvette, einen Dublierautomaten, Dubliermasse und einen Drucktopf zur Aufnahme der Kuvette.

Dabei wird die Wachsmodellation auf dem Gipsmodell nicht mehr in eine zweiteilige Gipskuvette eingebettet, sondern in eine Spezialkuvette mit einem reversibel thermoplastischen Dubliergel übergossen. Nach Entfernung des Wachsmodells und Reposition des Gipsmodells, werden zu der gewonnenen Hohlform 3 Kanäle durch die Gelmasse gebohrt, durch die der Kunststoff eingegossen werden kann.

Anschließend wird die Kuvette in einen Drucktopf eingebracht, der mit Wasser gefüllt ist. Die Polymerisation wird in der Regel bei einem Druck von 1-4 atü und 45° 30 min durchgeführt.

CAESAR (3), GOTTFRIEDSEN (12), SCHWICKERATH (18) zeigen auf, daß diese Technik eine Reihe von Vorteilen hat.

Die Arbeitszeiterparnis soll mindestens 30 min betragen. Die schmutzigen Arbeitsgänge der Ein- und Ausbettung der Prothese entfallen. Das Ausbetten aus der Dubliermasse-Gips-Form ist einfacher und weit gefahrloser.

CAESAR (3) hat allerdings auch negative Erfahrungen gesammelt. So gibt er an, daß Prothesen, im Gießverfahren hergestellt, verglichen mit den ursprünglichen Wachsmodellen, erhebliche Okklusionsveränderungen zeigen. Außerdem sind ihm palatinale Kippungen der Kauflächen von Molaren und Prämolaren aufgefallen, was bei herkömmlich gefertigten Prothesen als Kontrollgruppe nicht zu sehen war.

II.B. Grundsubstanzen der Dubliermassen

Die Dubliermassen bestehen im wesentlichen aus den Grundsubstanzen Glycerin, Agar-Agar und Wasser. Darüber hinaus enthalten sie Zusätze zur Förderung der Elastizität und Verhinderung des Pilzbefalls (1).

Das wasserfreie Glycerin ist eine viskose, geruchlose, süßschmeckende farblose Flüssigkeit. Von den 3 Hydroxylgruppen des Glycerins sind 2 primär und eine sekundär. Die primären sind reaktionsfähiger als die sekundären. Glycerin bildet Mono-, Di- und Triderivate. Die Herstellung erfolgt durch Hydrolyse aus Fetten, durch Synthese (ausgehend von Propylen), durch Hydrolyse von Kohlenhydraten und anschließender katalytischer Hydrierung oder durch Gärung.

Agar-Agar setzt sich aus D-Galaktose, L-Galaktose, 3,6-Anhydro-L-Galaktose, D-Glucoron, Brenztraubensäure und Schwefelsäure zusammen. Agar stellt eine Mischung von wenigstens 2 Polysacchariden dar (Agarose und Agaropektin). Die Agarose ist der Hauptbestandteil und verantwortlich für die Gelierfähigkeit.

Agar kommt in der Natur als Zellwandbestandteil verschiedener Rotalgen (Rhodophyceae), meist als Ca- oder Mg-Salz vor. Agar wurde bereits im 17. Jahrhundert vor allem in Japan in größerem Ausmaße isoliert und verwendet.

Eine 0,5 - 1,0 % ige heiße Agarlösung erstarrt beim

Abkühlen bei etwa 40°C zu einem festen,thermo-reversiblen Nebenvalenzgel,das erst durch Erhitzen auf 95°C verflüssigt werden kann.Dieses charakteristische Geliervermögen dient u.a. zum Nachweis von Agar-Agar. Die einzelnen Dubliermassen unterscheiden sich im wesentlichen in den prozentualen Mengen der verschiedenen Grundsubstanzen.

II.C. Bisherige Untersuchungen über Dubliermassen

Wie erwähnt, wurden Dubliermassen bisher ausschließlich bei der Modellgußtechnik verwendet. Es ist daher nicht verwunderlich, wenn Untersuchungen über diese Materialien sich weitgehend an ihrer bisherigen Verwendung orientierten.

EBERSBACH und GEHRE (8,9) erkannten, daß die Qualität der beim Modellguß verwendeten Materialien maßgebend die Paßgenauigkeit des Gußobjektes beeinflusst. Sie beobachteten, daß trotz Beachtung bekannter Faktoren, häufig Spaltbildungen an palatinalen Basis- und Bügelanteilen von Modellgußprothesengerüsten des Oberkiefers zwischen Meistermodell und Metallgerüst auftraten. Um eine etwaige Fehlerquelle aufzudecken, untersuchten sie speziell den Dubliervorgang. Dabei wiesen sie nach, daß Dubliermassen bei veränderten Abkühlbedingungen, sowie häufiger Verwendung mit bzw. ohne Wasserzugabe unterschiedliche Verhaltensweise zeigen. Ungünstigere Werte bezüglich der Spaltbildungen traten auf, wenn die Gele schnell in kaltem Wasser abgekühlt wurden, als wenn man sie langsam bei Zimmertemperatur ausgießen ließ. Gleich schlechte Werte gab es, je häufiger die Dubliermassen verwendet wurden. In allen Untersuchungsreihen waren die Spaltbildungen jedoch mit 0,05 mm sehr gering. Sie konnten also ausschließen, daß unter Voraussetzung sachgemäßer Materialverarbeitung, der

Dubliervorgang für deutlich sichtbare Spaltbildungen zwischen Schleimhaut und Metallgerüst verantwortlich ist.

DOOTZ, CRAIG und FEYTON (7) kommen bei ihren Untersuchungen auch zu dem Ergebnis, daß die Auswahl der Dubliermassen sich auf die Genauigkeit der endgültigen Gußteilprothese auswirkt.

KUFNER (14,15) stellt bestimmte Anforderungen an geeignete Dubliermassen:

1. Elastizität und vollständiges Rückstellungsvermögen
2. Formbeständigkeit
3. Wiedergabefähigkeit feinsten Konturen , gewisse Härte und Festigkeit
4. Widerstandsfähigkeit gegen die verschiedenen Chemikalien der Einbettmassen
5. Einfache Handhabung
6. Sparsam im Gebrauch
7. Leichte Entfernbarkeit des Einbettmassenmodells

Was die Elastizität und Festigkeit der untersuchten Materialien anbelangt, die außer Vidur heute nicht mehr im Handel sind, konnten erhebliche Unterschiede festgestellt werden. Bei der Untersuchung der Formbeständigkeit, so erfahren wir weiter, konnte die Forderung nach ihr nur für eine Stunde gestellt werden, da die meisten Dubliermassen stark wasserhaltig sind und verständlicherweise bei zu langem Stehen an der Luft schrumpfen. Für die meisten Dubliermassen werden auf sie abgestimmte Einbettmassen hergestellt. Bei der Untersuchung der unter Punkt

angegebenen Forderung konnte Kufner (14,15) feststellen, daß nach Isolierung des Dubliermassennegativs mit einer 20'' Alaunlösung die verschiedenen Materialien kombiniert werden konnten und daß die Ergebnisse vorzüglich waren. Erfolgte diese Isolierung nicht, so erhärtete der Probekörper aus Einbettmasse nicht richtig und es blieben Teile von ihr an der Dubliermasse hängen. Die gleiche Feststellung machte Busser (2) "Bei auf Agar-Agar basierenden Dubliermassen kann sich der Wasseraustausch störend auf den Abbindeprozeß bemerkbar machen. Bei einer Einbettmasse trat z.B. mehr oder weniger starke Rißbildung auf, andere Einbettmassen waren so weich, daß sie sich nicht ohne Schwierigkeiten aus der Dubliermasse schälen ließen."

PEYTON und CRAIG (6) gingen in ihren Untersuchungen ebenfalls der Frage der Verträglichkeit von Dubliermassen mit Einbettmassen nach. Sie wählten einige Kombinationen von verschiedenen Dublier- und Einbettmassen. Dabei erwähnen sie unter anderem, daß die Anwesenheit von Glycerin in den Dubliergelen sich ungünstig auf die Oberfläche der Gips-Einbettmassen auswirkt.

In einer anderen Veröffentlichung berichten uns CRAIG und PEYTON (4) über physikalische Eigenschaften von verschiedenen Dubliermassen. Was z.B. der Druck und Zerreißwiderstand anbelangt, so scheinen Dubliermassen auf Agar-Agar Basis, die mit einer geringen Menge Wasser versetzt wurden, bessere Widerstandsqualitäten zu besitzen, als diejenigen, denen eine größere Menge

zugesezt wurde.

MARGETIS und HANSEN (16) verglichen bei ihren Experimenten das Verhalten zweier Gruppen von Dubliergelen. Die erste Gruppe wurde ständig bei 52° aufbewahrt, während die zweite Gruppe immer neu erhitzt und wieder abgekühlt wurde. Dabei stellte sich heraus, daß bei der ersten Gruppe die Viskosität ständig zunahm, während die Unbrauchbarkeit entsprechend eher eintrat. Bei der zweiten Gruppe bestand diese Wechselbeziehung zwischen Viskosität und Unbrauchbarkeit nicht; außerdem waren die Materialien dieser Gruppe länger zu benutzen. Weiter fiel auf, daß bei der ersten Gruppe nach 6-9 Tagen ein Gelierungsprozeß von innen her einsetzte. Diese Unterschiede erklären die Autoren durch zunehmende intra- und intermolekulare Wasserstoffbindung der Materialien der ersten Gruppe.

Weitergehende Versuche unternahmen CRAIG, GEHRING und PEYTON (5). Sie geben an, daß die Druck- und Zerreißstabilität von Dubliermassen auf Agar-Agar Basis allgemein konstant bleiben, gleich ob sie 15 oder 20 mal erwärmt und abgekühlt werden oder ob sie 4-6 Wochen bei 64° C aufbewahrt werden. Im Gegensatz zu Margetis und Hansen geben die Autoren weiter an, daß der allgemeine Alterungsprozeß der Gele unter den beiden Bedingungen gleich ist. Bei Zusatz von Borax konnte die ursprüngliche Widerstandskraft der Materialien länger beibehalten w

III.A. Aufgabenstellung

Beim Prothesengießverfahren werden die Dubliermassen einem vielfältigen Stress unterworfen.

Zunächst werden sie bei einer Temperatur von 45° in die Kuvette eingegossen. Nach Abkühlung und Ausgelierung sind sie Druck, Dehnung und Quetschung beim Herausnehmen und Wiedereinsetzen des Gipsmodelles und beim Eingießen des Kunststoffes ausgesetzt.

Bei der anschließenden Polymerisation werden sie wieder auf ca. 45° erwärmt. Dann bleiben sie der erreichten Endtemperatur 30 min und mehr unterworfen.

Die einzelnen Fragen der Untersuchung lauteten also:

1. Welches Volumenverhalten zeigen die Dubliermassen, nachdem sie abgekühlt und wieder auf 50° erwärmt werden?
 2. Welches Volumenverhalten zeigen die Dubliermassen, wenn sie über 35 min einer Temperatur von $30^{\circ}, 40^{\circ}, 50^{\circ}$ ausgesetzt werden?
 3. Welche Druckfestigkeit besitzen die Materialien?
- Insgesamt werden 6 verschiedene Dubliermassen vergleichsweise untersucht:

- 1) Castogel (Herbst)
- 2) Dubliform (Dentaurum)
- 3) Perligel (Scheu-Dental)
- 4) Resigel (Renfert)
- 5) Thermogel (Erkodent)
- 6) Vidur (Krupp)

II.B1 Versuchsanordnung und Durchführung

Sämtliche Messungen (Punkt 1-3 der Aufgabenstellung) wurden mit dem Konsistometer der Firma HAAKE Berlin (Abb.1/2) durchgeführt. Der Meßbereich des HAAKE Konsistometers ist sehr groß.

Neben Viskosität, Strukturviskosität, Elastizität, Plastizität können Härte, Vikathärte und Biegefestigkeit untersucht werden. Auch die Materialien, die man prüfen kann, sind vielfältig. Sie reichen von Wachs, Gelatine bis hin zu Asphalt und Stahl. Das Gerät besitzt einen Temperierbehälter, elektrischen Heizkörper und Anschlußstellen für einen Thermostaten, so daß in einem Bereich von -60°C bis $+300^{\circ}\text{C}$ gemessen werden kann. Ferner ist der Konsistometer mit einer Meßuhr ausgestattet, die einen Bereich von 30 mm und eine Teilung von 0,01 mm hat. Da die Teilstriche in einem Abstand von 1,5 mm angebracht sind, können Meßstrecken auf etwa 0,002 genau abgeschätzt werden.

Bei unseren Untersuchungen wählten wir die Meßeinrichtung Nr. III (Abb. 3/4), mit der Elastizität und Plastizität bestimmt wird, die aber darüberhinaus die Prüfung von Kontraktion, Expansion und Festigkeit der Dubliermassen zuließ.

Das Temperiergefäß wurde über 2 Perbunanschläuchen mit einem Umwälz-Thermostaten (ebenfalls von der Firma HAAKE) verbunden (Abb. 5). Hierdurch war es möglich, jede gewünschte Temperatur im Meßzylinder zu erreichen. Abgelesen wurde an einem Spezialthermometer mit einer $1/10^{\circ}\text{C}$ Teilung.

Die Konstruktion der Thermometerfassung macht die Anzeige etwas träge, so daß die Temperatur der der Meßeinrichtung entspricht.

Zur Schmelzung und Aufbewahrung der Dubliermassen ist ein Dublierautomat der Firma HERBST benutzt worden. Die Materialien wurden in diesem Apparat bei 92°C geschmolzen, abgekühlt auf 45°C und bei dieser Temperatur aufbewahrt. Im einzelnen wurde folgendermaßen vorgegangen:

Zur Prüfung des Punktes 1 der Aufgabenstellung wurde Dubliermasse, die eine Temperatur von $45 \pm 2^{\circ}\text{C}$ besaß, in eine Prüfform (Höhe 11 mm, innerer Durchmesser 10,8 mm) (Abb. 3) ausgegossen. Um zu erreichen, daß die erhärtete Dubliermasse eine glatte Oberfläche besaß, ist das Gewicht (Abb. 3) mit der Innenseite darübergestülpt worden. Die Dubliermasse wurde bei einer Temperatur von $16 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 5 min abgekühlt. Nach dieser Zeit waren sämtliche untersuchten Materialien ausgelieft und fest. Dann wurde die Elastometereinrichtung und die Prüfform (ohne Stempel) (Abb. 3/4) in den Meßzylinder eingeführt. Der Prüfkörper ist der Anfangstemperatur 20°C 3 min ausgesetzt worden. Zur Bestimmung der Höhe der Dubliermasse wurde der Stempel auf die Prüfform aufgesetzt, anschließend die Schubstange mit dem Druckstab der Mikrobelaugungseinrichtung (Abb. 1) vorsichtig heruntergelassen. Das Auflagegewicht betrug 100 p. Nach 10 sec Wartezeit wurde die Einstellung der Meßuhr registriert. Die Differenz zwischen vorausgegangenen einmaligen Messungen ohne Gel, um auch das Volumenverhalten der Metallteile zu berücksichtigen,

und der gefundenen Werte mit Dubliermasse, ergab die endgültige Höhe des Prüfkörpers. (Beispiel: Zeigerstellung ohne Prüfkörper bei 20°C 21.207, mit Prüfkörper 10.234, Differenz = Höhe der Dubliermasse 10,973, abgerundet 10,97). Weitere Messungen wurden bei 30°C , 40°C , 50°C vorgenommen, wobei die Zeitdauer zur Erreichung der nächsthöheren Temperatur jeweils bei 6 min und 30 ± 10 sec lag. Der Versuch dauerte 25 min.

Zur Prüfung des Punktes 2 der Aufgabenstellung wurde zunächst gleichermaßen vorgegangen. Die Prüfform wurde mit flüssiger Dubliermasse von 45°C gefüllt und bei $16 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 5 min abgekühlt. Anschließend ist die Prüfform zusammen mit der Elastometereinrichtung (Abb. 4) in den Meßzylinder, der bereits auf die entsprechende Temperatur von 30°C aufgeheizt war, eingebracht worden. Die erste Messung fand nach 5 min statt, weitere nach 15, 25, 35 min. Die gleichen Versuche wurden mit anderer Temperaturstellung (40° , 50°) durchgeführt.

Auch bei der Beantwortung der Frage 3 der Aufgabenstellung wurde in bekannter Weise begonnen. Die Prüfform wurde mit Dubliermasse ausgegossen und 5 min abgekühlt (bei $16 \pm 1^{\circ}\text{C}$). Die Druckfestigkeitsprüfung wurde bei 23°C $70 \pm 5^{\circ}\text{C}$ durchgeführt. Nach einer Temperatureinwirkungsdauer von 3 min ist die Ausgangshöhe der Dubliermasse bestimmt worden.

Daraufhin wurde das Material durch Auflegen eines Gewichtes (50p) (Abb. 3) 5 min belastet und erneut einer Höhenbestimmung unterzogen.

Sämtliche Versuche wurden mit allen Materialien jeweils 10 mal durchgeführt.

Abb. 1

HAAKE Konsistometer

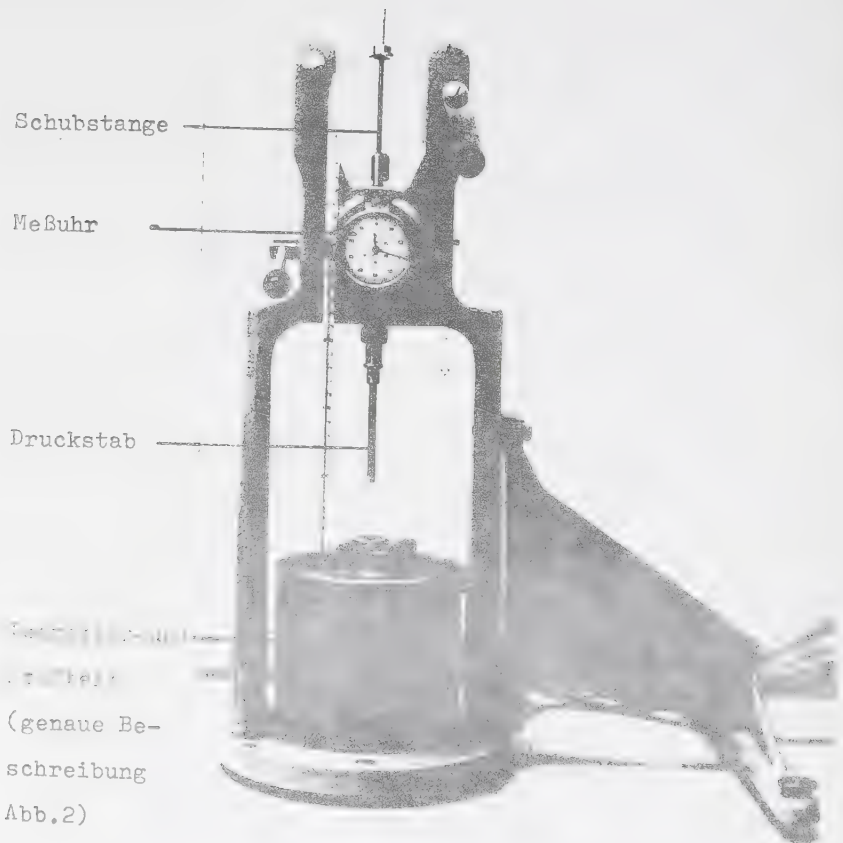


Abb. 2

Ergänzung zu Abb. 1

Temperier-und Prüfteil des HAAKE Konsistometer

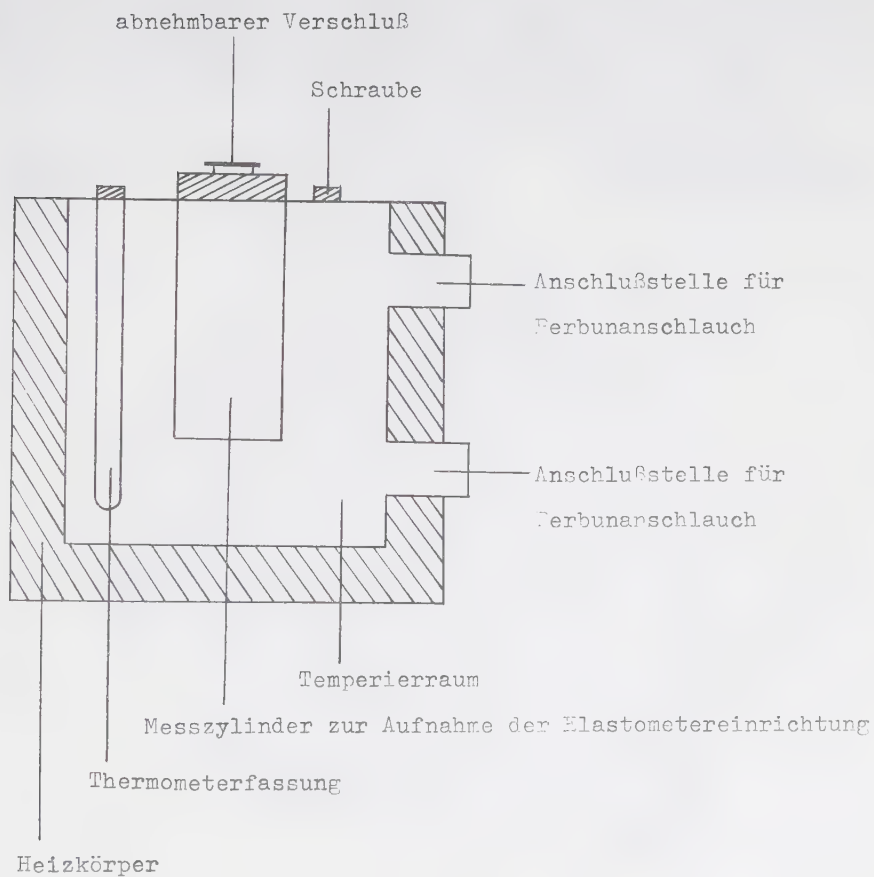


Abb. 3

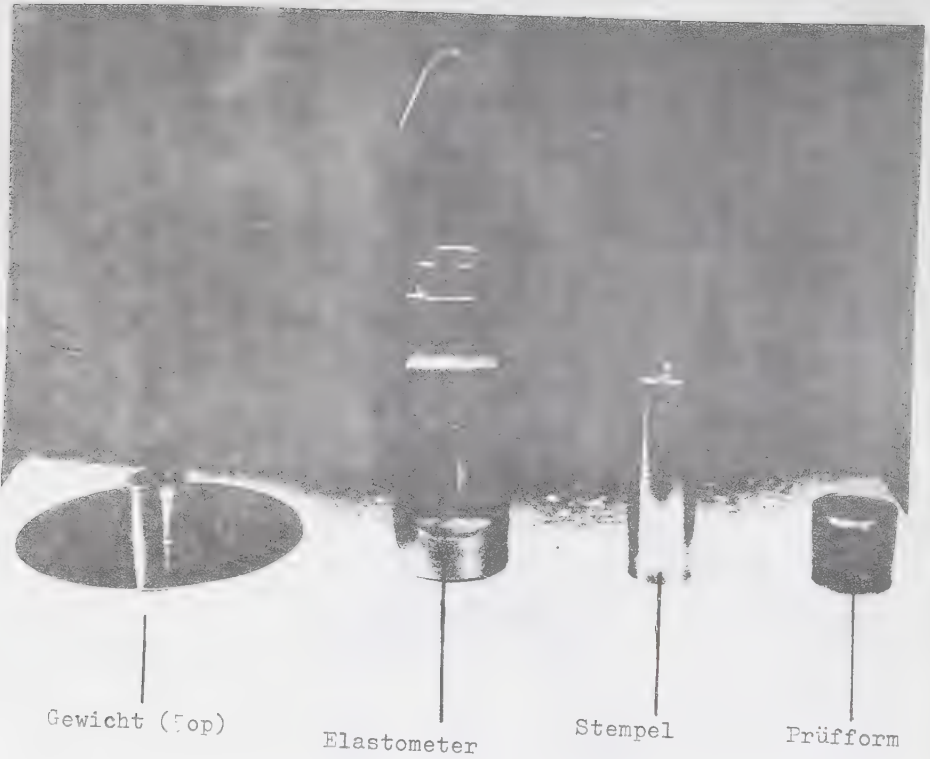


Abb. 4

Elastometereinrichtung mit Prüfform

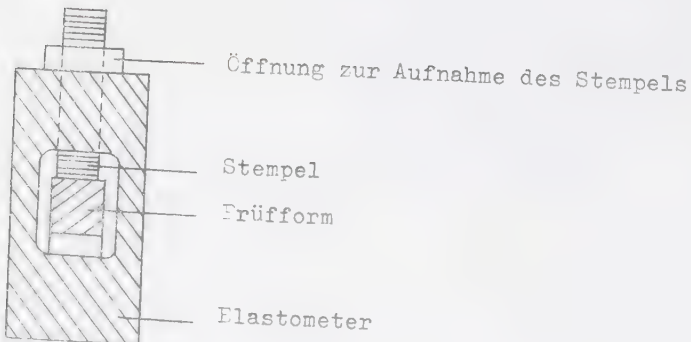
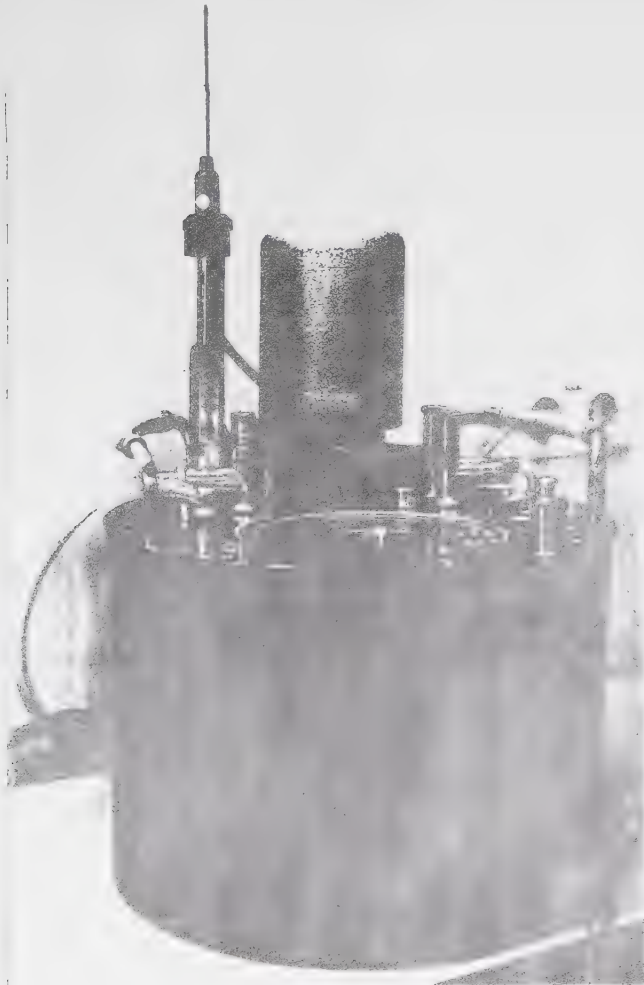


Abb. 5

HAAKE Umwälzthermostat

Schraube zur Einstellung der
gewünschten Temperatur



Statistische Verfahren

Pro Versuchsbedingung wurden Mittelwerte und Standardabweichungen errechnet.

Folgende Formeln kamen zur Anwendung:

Mittelwert:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Standardabweichung:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}{n-1}}$$

x_i = i-ter Meßwert eines Versuches einer Serie

Die Mittelwerte und Standardabweichungen wurden in Säulendiagrammen dargestellt.

Zur Prüfung des Einflusses der Materialien, Temperatur und Zeit wurden mehrfache Varianzanalysen gerechnet.

Die Druckfestigkeitsprüfung ist innerhalb eines Materials ausgeführt worden. Pro Material wurde ein T-Test für verbundene Stichprobe gerechnet.

Abbildung 1
Volumenverhalten in Abhängigkeit von Temperaturerhöhung
(Mittelwerte($\bar{x}$), Standardabweichung(s), Minimal-(min) und
Maximalwerte (max)).

	30°			40°			50°			
	min	max	$\bar{x}$	s	min	max	$\bar{x}$	s	min	max
90,1	88	92	90,1	4,4286	88	92	90,6	4,4771	88	92
91,1	88	92	91,1	3,172	88	92	90,6	3,8064	88	92
93,1	88	92	93,1	6,2500	88	92	94,9	5,4863	88	92
93,3	88	92	93,3	4,2155	88	92	97,5	4,3780	88	92
95,9	92	100	94,5	2,3214	91	99	93,0	2,1082	91	98
100,0	92	100	100,0	2,0000	98	100	102,8	1,6865	101	106

Tabelle 2

Varianzanalysentabelle

(Volumenverhalten in Abhängigkeit von Temperaturerhöhung)

Faktoren und Wechselwirkung	Charakter	FG	MAQ		F-Wert
Material 1	f	5	787,144	2	2(1) 12,08 s
Körper 2(1)	r	54	65,16	Rest	92,37 s
Temperatur 3	f	3	28,88	2(1) Rest	40,94 s
1,3		15	70,088	2(1) Rest	99,35 s
Rest (1,2,3)		162	0,705		

Tabelle 3

Volumenverhalten in Abhängigkeit von Temperatureinwirkung
(30°C) über 35 min. Mittelwerte ($\bar{x}$), Standardabweichung (s),
Minimal-(min) und Maximalwerte (max).

Mat.	nach 5 min			nach 15 min			nach 25 min			nach 35 min		
	$\bar{x}$	s	min max	$\bar{x}$	s	min max	$\bar{x}$	s	min max	$\bar{x}$	s	min max
1	99,7	2,7508	96 103	98	2,4044	94 102	95,9	2,4244	92 100	93,7	2,4518	89 97
2	96,3	2,4518	91 100	90,7	3,0930	84 96	87,4	2,7568	81 91	84,6	2,7968	78 89
3	94,7	4,9001	88 103	91,9	5,3009	85 102	89,4	5,3166	83 100	87,2	5,3292	80 97
4	96,2	3,1903	92 102	92,1	2,9231	88 97	88,8	2,9364	85 94	87,1	2,8067	84 93
5	95,9	2,6013	92 100	92,6	2,4129	90 97	89,2	2,8507	86 94	87,0	2,2660	83 93
6	99,9	2,4698	94 102	98,4	2,0656	94 101	97,2	2,1499	92 99	96,0	2,1082	91 98

Tabelle 4

Volumenverhalten in Abhängigkeit von Temperatureinwirkung
(40°C) über 35 min. Mittelwerte ($\bar{x}$), Standardabweichung (s),
Minimal-(min) und Maximalwerte (max).

	nach 5 min			nach 15 min			nach 25 min			nach 35 min		
	$\bar{x}$	s	min max	$\bar{x}$	s	min max	$\bar{x}$	s	min max	$\bar{x}$	s	min max
1	102,9	3,5418	96 109	100,4	3,2387	94 105	97,5	4,1700	90 103	94,4	4,4522	87 99
2	99,3	2,9833	94 103	93,1	2,9231	89 97	87,1	2,7264	83 91	84,6	2,5033	81 88
3	98,1	4,5080	91 104	93,8	4,2111	87 99	89,9	3,8427	84 96	87,1	3,8715	81 94
4	98,7	5,0783	92 110	91,6	5,2536	85 103	88,5	5,1694	81 99	85,7	5,1865	79 96
5	98,9	5,8775	95 115	92,4	6,0037	88 109	88,3	5,7552	84 104	85,0	5,9815	79 101
6	102,1	2,8848	97 106	99,1	2,2336	95 102	96,4	1,6465	93 98	92,6	1,2649	90 94

Tabelle 5
Volumenverhalten in Abhängigkeit von Temperatureinwirkung
(50° C) über 35 min. Mittelwerte ($\bar{x}$), Standardabweichung (s),
Minima (min) u. Maximalwerte (max).

Met.	nach 5 min			nach 15 min			nach 25 min			nach 35 min		
	$\bar{x}$	s	min max	$\bar{x}$	s	min max	$\bar{x}$	s	min max	$\bar{x}$	s	min max
1	106,8	3,3267	101 112	103,7	3,5917	98 110	100,5	3,4075	95 106	97,5	3,8944	91 103
2	102,0	4,0770	96 108	94,6	4,4522	87 101	89,0	4,1899	82 95	83,2	4,2895	76 90
3	101,7	5,1001	93 107	96,0	5,4569	87 102	90,7	4,9001	84 97	85,2	5,5136	77 92
4	97,4	4,4020	93 106	88	3,8297	84 95	83,5	3,8944	80 91	79,9	3,8715	77 88
5	102,2	1,6865	100 105	93,6	1,8379	91 97	86,6	1,5776	84 90	82,4	1,6465	80 86
6	103,7	1,2517	101 105	100,5	1,5092	98 103	95,7	1,2517	94 98	91,2	1,8155	88 94

Tabelle 6

Varianzanalysetabelle

(Volumenverhalten in Abhängigkeit von Temperatur-
einwirkung 30,4° und 50° C über 35 min)

Faktoren und Wechselwirkung	Charakter	FG	MAQ	F-Wert
Temperatur	f	2	75,779	1,426 n.s.
Material	f	5	1870,657	35,226 s
Körper	r	162	53,104	88,49 s
Zeit	f	3	4677,009	7543,5 s
1,2		10	110,391	2,078 a
1,4		6	176,561	284,8 s
2,4		15	59,309	95,66 s
3,4(2,1)		216	0,62	1,033 n.s.
1,2,4		30	5,199	8,38 s
Rest		270	0,6001	

Tabelle 7

Druckfestigkeit (kg/cm²)(Mittelwerte ($\bar{x}$), Standardabweichung (s),
Minimal-(min) und Maximalwerte (max)).

	Ausgangshöhe			Höhe nach Belastung		
	$\bar{x}$	s	min max	$\bar{x}$	s	min max
1	93,5	2,4608	90 98	91,0	2,4495	88 95
2	93,2	1,6193	91 96	88	2,3570	83 91
3	91,3	1,4181	89 93	87,6	2,1187	84 90
4	93,1	2,7669	89 96	86,6	2,8363	81 90
5	95,8	2,2509	93 100	91,3	2,4060	87 95
6	100,0	1,0541	99 102	90,0	1,8257	87 93

Tabelle 8

Druckfestigkeit

(Mittelwert der Differenzen, Standardabweichung der Differenzen, Standardfehler der Mittelwertdifferenzen, T-Wert).

Material	Mittelwert der Differenzen	Standardabweichung der D.	Standardfehler der Mittelwertdiff.	T-Wert
1	2,50	1,18	0,3726	6,71
2	5,20	1,13	0,3590	14,48
3	3,70	0,823	0,2603	14,42
4	6,50	0,85	0,2687	24,19
5	4,50	1,08	0,3415	13,17
6	10,00	1,41	0,4472	22,36

Abb. 6

Volumenverhalten in Abhängigkeit von
Temperaturerhöhung

Höhe in
mm

11,00

10,90

10,80

CastoGel

11,00

10,90

10,80

Publiform

11,00

10,90

10,80

Perligel

11,00

10,90

10,80

Resigel

11,00

10,90

11,00

10,90

10,80

CastoGel

Temperatur

20

25

30

35

40

Abb. 7

Temperaturverhalten in Abhängigkeit von
Temperaturerhöhung (30°) über 35 min.

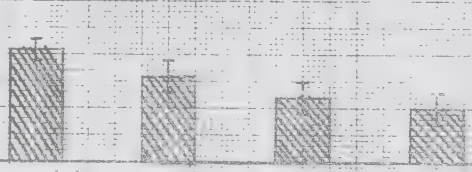
Höhe in
mm

11,00
10,90
10,80



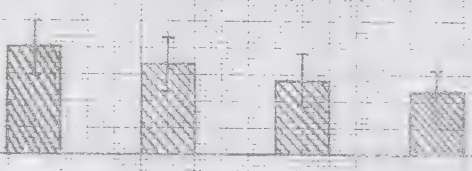
Carvegen

11,00
10,90
10,80



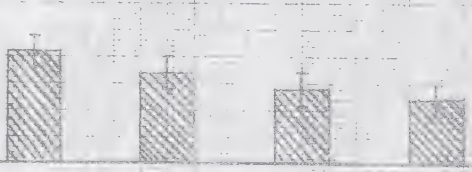
Dupleform

11,00
10,90
10,80



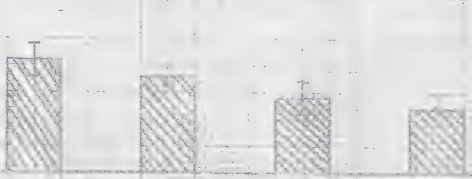
Teflon

11,00
10,90
10,80



Benzet

11,00
10,90
10,80



Teflon

11,00
10,90
10,80



Teflon

Zeit 5 min 15 min 25 min 35 min

Abb. 8

Höhe in
mm

Volumenverhalten in Abhängigkeit von
Temperatureinwirkung (48) über 35 min.

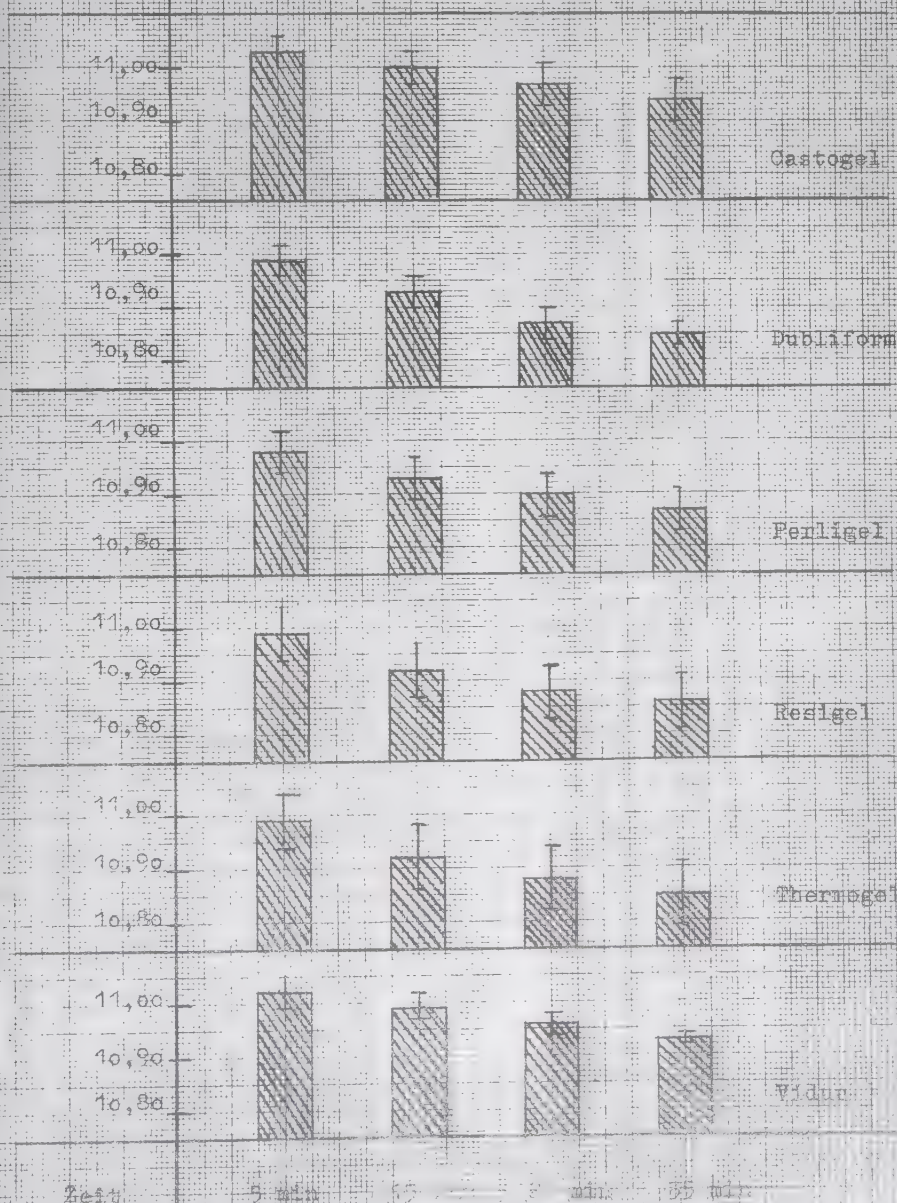


Abb. 9

Höhe
in mm

Volumen erhalten in Abhängigkeit von
Temperaturwirkung (50° über 35 min)

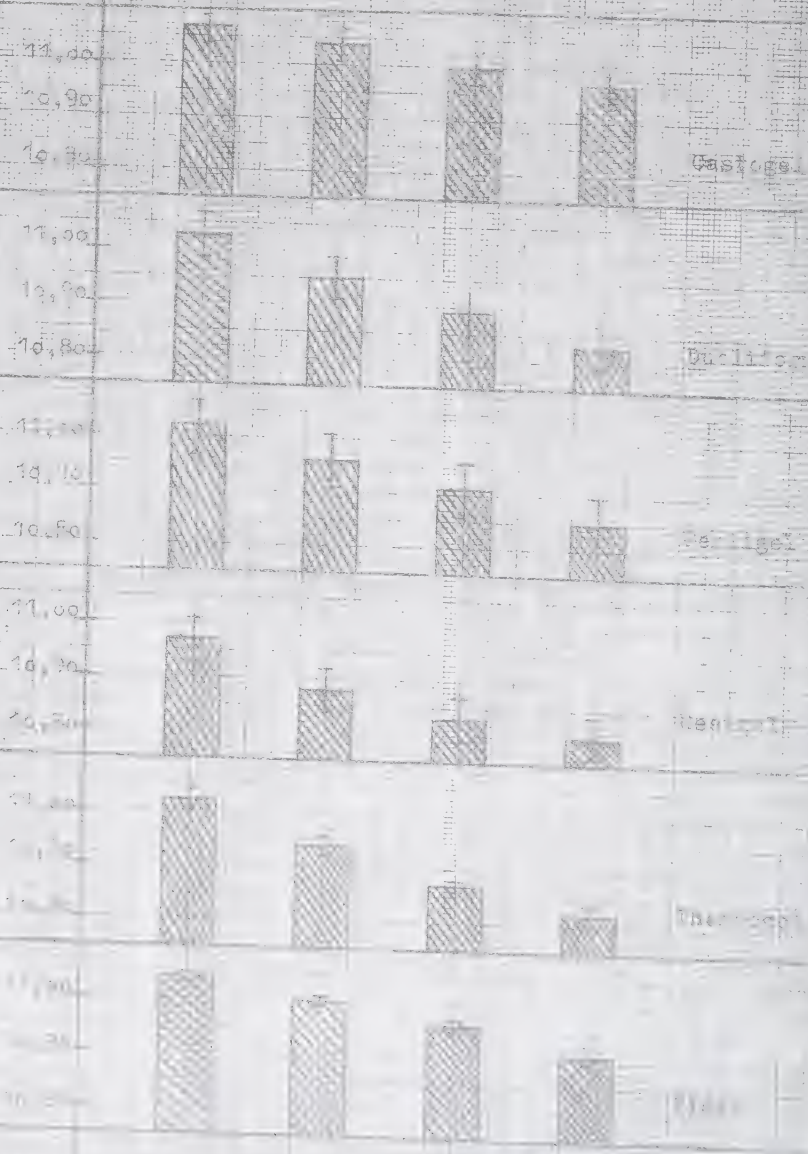


Abb. 10

Druckfestigkeit

Höhe in
mm

11,00

10,90

10,80

11,00

10,90

10,80

11,00

10,90

10,80

11,00

10,90

10,80

11,00

10,90

10,80

11,00

10,90

10,80

Castorel

Dubliform

Perligel

Hesigel

Thermorel

Widur

Druckfestigkeit

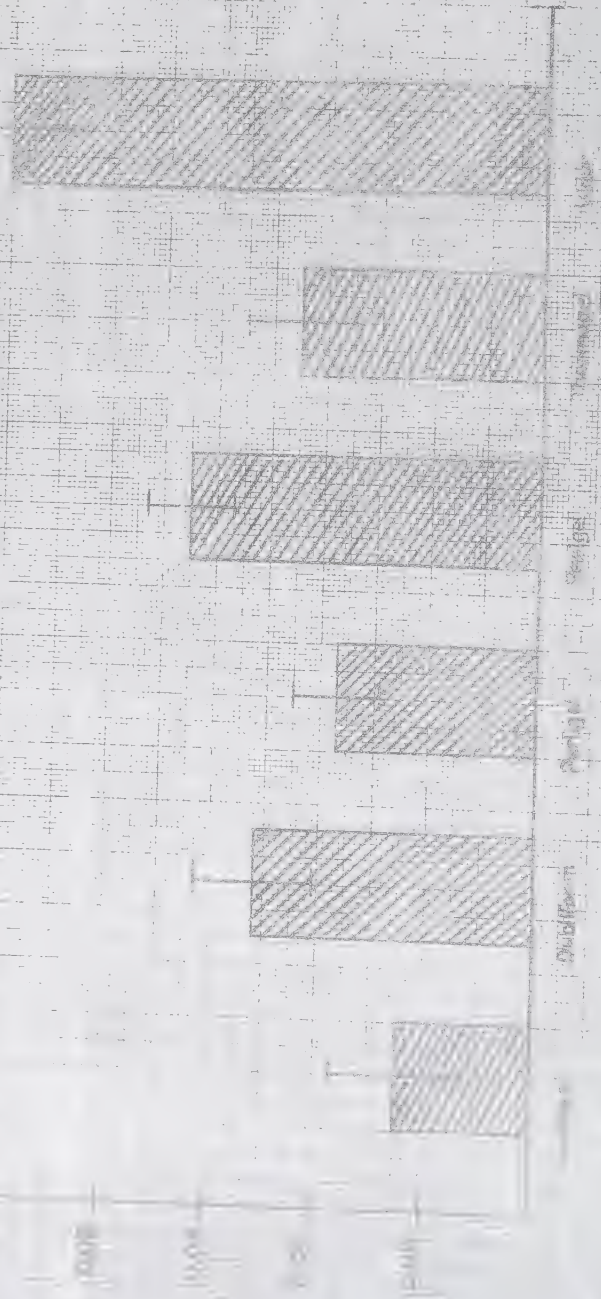
Abb. III

Darstellung der Mittelwertdifferenzen ($\bar{d} = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$)

Nachweis der Standardabweichung der Differenzen

x_1 = Höhe des i-ten Körpers vor Belastung

x_2 = Höhe des i-ten Körpers nach Belastung



III.C. Ergebnisse

1. Volumenverhalten in Abhängigkeit von Temperaturerhöhung.

In der Tabelle 1 sind die statistischen Maßzahlen für sämtliche 6 Materialien aufgeführt. Die Mittelwerte und die Standardabweichungen sind als Säulendiagramme in Abb. 6 dargestellt. Zur Prüfung des Einflusses von Material, Prüfkörper, Temperatur wurde eine 3-fache Varianzanalyse durchgeführt. Aus den F-Werten der Varianzanalysetabelle (Tabelle 2) ist zu entnehmen, daß die Temperatur einen signifikanten Einfluß auf das Volumenverhalten ausübt, und daß sich die Materialien unterschiedlich verhalten.

Die untersuchten Materialien lassen sich in 2 Gruppen einteilen. Castogel und Vidur zeigen eine Volumenzunahme, während Dubliform, Perligel, Resigel und Thermogel eine Abnahme des Volumens aufweisen. Innerhalb dieser Gruppen gibt es keine relevanten Unterschiede.

2. Volumenverhalten in Abhängigkeit von Temperatureinwirkung von 30°, 40°, 50° über 35 min, gemessen nach 5, 15, 25 und 35 min.

Die statistischen Maßzahlen sind in den Tabellen 3-5 aufgeführt. In Abb. 7-9 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen dargestellt. Zur Prüfung des Einflusses von Temperatur, Material, Prüfkörper und Zeit wurde eine 4-fache Varianzanalyse gerechnet.

Die F-Werte der Varianzanalysetabelle (Tabelle 6) geben zu erkennen, daß auch hier ein signifikanter Unterschied

zwischen den Dubliermassen besteht. Während die Zeit einen signifikanten Einfluß auf das Volumenverhalten hat, ist dies anhand dieses Versuches für die Temperatur nicht zu erkennen. Die Wechselwirkung zwischen Temperatur und Material ist auffällig. Keine Signifikanz zeigt die Wechselwirkung zwischen Prüfkörper und Zeit innerhalb Material und Temperatur. Die Dubliermassen Castogel und Vidur sind den übrigen überlegen, da sie bei den jeweiligen Temperaturen eine geringere Volumenabnahme aufweisen.

Wie aus den Abb. 7-9 deutlich hervorgeht, ist z.B. bei der Temperatureinwirkung von 40°C über 35 min für Castogel und Vidur eine durchschnittliche Volumenabnahme von 0,09 mm festzustellen. Bei Perligel und Resigel dagegen beträgt die Schrumpfung 0,11 bzw. 0,13 mm, bei Dubliform und Thermogel 0,14 mm.

3. Druckfestigkeitsprüfung

Die statistischen Maßzahlen finden sich in Tabelle 7/8. In Abb. 10 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen und in Abb. 11 die Mittelwertdifferenzen und die Standardabweichungen der Differenzen dargestellt. Für jedes Material wurde ein T-Test für verbundene Stichproben gerechnet. Die T-Werte sind aus der Tabelle 8 zu entnehmen. Bei allen Materialien kommt es nach Druckbelastung zu einer signifikanten Volumenverkleinerung. Castogel zeigt die geringste, während Vidur die stärkste Veränderung aufweist.

IV. Diskussion der Ergebnisse

Die Maßgenauigkeit der endgültigen Prothese, im Gießverfahren hergestellt, dürfte neben dem speziellen Verhalten der Kunststoffe während der Polymerisation im wesentlichen von der Formkonstanz der Hohlform aus Dubliermasse und Gipsmodell abhängen.

Beim Prothesengießverfahren werden die Gele zunächst auf ca. 45° C erwärmt und anschließend dieser Temperatur ungefähr 35 min ausgesetzt.

Es konnte in der vorliegenden Arbeit nachgewiesen werden, daß sich keine der untersuchten Dubliermassen unter diesen Bedingungen formkonstant verhält (Abb. 6-9). Castogel und Vidur dehnen sich in der ersten Phase aus, während die übrigen Materialien (Abb. 6) schrumpfen. Der Betrag, um den sie ihr Volumen verändern, ist jedoch gleich groß. Anschließend findet eine Kontraktion sämtlicher Materialien statt. Dieser Effekt ist bei Castogel und Vidur weniger auffallend (Abb. 7-9). Somit dürften diese beiden Dubliermassen günstiger zu beurteilen sein, als Dubliform, Perligel, Besigel und Thermogel.

Unter den gewählten Versuchsbedingungen konnte nicht festgestellt werden, daß der Schrumpfungsprozeß durch eine höhere Temperatur befördert wird: entscheidend hierfür ist vielmehr der Zeitfaktor.

Daraus kann man die Schlußfolgerung ziehen, die Polymerisation möglichst schnell bei relativ hohen

Temperaturen (ca 50° C) durchzuführen, um einen etwaigen Einfluß der Dubliermassen durch mangelnde Formkonstanz auf die Paßgenauigkeit der endgültigen Kunststoffprothese, weitgehend auszuschließen.

Es ist sicherlich wünschenswert, wenn die Dubliermassen, die beim Prothesengießverfahren verwendet werden, eine gewisse Druckfestigkeit aufweisen. Bei der Überprüfung dieser Frage erzielte Castogel die besten Werte, während Vidur (Tab. 8, Abb. 10 und 11) die ungünstigsten Ergebnisse aufwies.

V. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde experimentell nachgeprüft, wie sich Dubliermassen unter den Bedingungen, denen sie beim Prothesengießverfahren ausgesetzt sind, verhalten. Insgesamt wurden 6 Materialien vergleichsweise untersucht.

Zunächst ist das Volumenverhalten der Gele bestimmt worden, wenn sie nach Abkühlung wieder auf 50°C erwärmt werden. Dabei ergab sich eine Aufteilung in 2 Gruppen: Castogel und Vidur expandierten, während Dubliform, Perligel, Resigel und Thermogel kontrahierten.

Anschließend wurde der Frage nachgegangen, welchen Einfluß Zeit und verschiedene Temperaturen auf das Volumenverhalten ausüben. Hier stellte sich heraus, daß unter den gewählten Bedingungen sämtliche Materialien schrumpften, wobei Castogel und Vidur die geringste Kontraktion aufwiesen.

Weiter konnte festgestellt werden, daß der Schrumpfungsprozeß der Gele im wesentlichen von der Zeit, in der sie einer Temperatur ausgesetzt sind, abhängig ist. Ein letzter Punkt war die Überprüfung der Druckfestigkeit der Dubliermassen. Hier zeigte Castogel die günstigsten Werte, Vidur die schlechtesten.

VI. Literatur

1. Bremer Goldschlägerei
Wilh. Herbst
Persönliche Mitteilungen
Über Grundsubstanzen der
Dubliermassen
Bremen 1973
2. Busser, H.
Untersuchungen zum Modellguß
Dtsch. zahnärztl. Z. 12, 904 (1957)
3. Caesar, H.-H.
Prothesen aus Warmpolymerisaten
oder gegossenen Polymerisaten?
Dental-Labor 3, 31 (1972)
4. Craig, R. G.
Peyton, F. A.
Physical properties of elastic
duplicating materials
J. dent. Res. 39, 391 (1960)
5. Craig, R. G.
Gehring, P. E.
Peyton, F. A.
Aging characteristics of
elastic duplicating materials
J. dent. Res. 41, 196 (1962)
6. Craig, R. G.
Peyton, F. A.
Compatibility of duplicating
compounds and casting investments
J. prosth. Dent. 12, 1111 (1962)
7. Craig, R. G.
Peyton, F. A.
Dootz, E. R.
Influence of investments and
duplicating procedures on the
accuracy of partial denture
castings
J. prosth. Dent. 15, 679 (1965)

8. Ebersbach, W.
Gehre, G.
Erfahrungen beim Modellguß mit
neuentwickelten Materialien
Dtsch.Stomat. 15, 209 (1965)
9. Ebersbach, W.
Gehre, G.
Experimentelle Untersuchungen
über die Formkonstanz der
Dubliermassen unter besonderer
Berücksichtigung der Faßgenauig-
keit palatinaler Basisanteile
von Modellgußarbeiten
Dtsch.Stomat. 17, 762 (1967)
10. Foerst, W.
Ullmanns Enzyklopädie der
technischen Chemie
Urban und Schwarzenberg Verlag
München-Berlin
Bd. 5 , S. 728 (1954)
Bd. 8 , S. 112-113 (1957)
Bd. 12 , S. 112-113 (1959)
11. Gottfriedsen, J. P.
Das Dublierverfahren für den
Edelmetall- und Stahlguß
Zahnärztl. Prax. Nr. V, 18, 9 (1954)
12. Gottfriedsen, J. P.
Die Gießharztechnik (1. Teil)
Dental-Labor 2, 19 (1971)
Die Gießharztechnik (2. Teil)
Dental-Labor 2, 19 (1971)

13. Hennicke, A. Grundsätze bei der Untersuchung
zahnärztlicher Werkstoffe vom
Gesichtspunkt der Werkstoffforschung
und der Alltagspraxis aus; unter
Berücksichtigung des Dimensions-
verhaltens besonders der Abform- und
Modellmassen
Zahnärztl. Rdsch. 10, 289 (1960)
14. Kufner, I. Vergleichende Untersuchungen über
Modellguß-, Doublier- und Ein-
bettmassen
Med. Diss. München 1955
15. Kufner, I. Aus der Praxis des Gußstahllaboratori-
Erfahrungen mit Doubliermassen und
Einbettmassen
(1. Teil) Zahnärztl. Prax. Nr. VII, 5
(2. Teil) Nr. VII, 6 (1956)
16. Margetis, J. H. Changes in agar-agar type
Hansen, W. C. duplicating material and agar-agar
on heating and storage
J. Amer. dent. Ass. 54, 737 (1957)
17. Ritze, H. Werkstoffkundliche Unter-
suchungen aus der Chrom-Kobalt-
Legierung Wisi, sowie der Stahl-
einbettungsmassen R & R, Hartex,
Pyrophan und Litiotil
Med. Habil. Hamburg 1956 S. 25-21

18. Schwickerath, H. Kunststoffe im Gießverfahren
Dental-Labor 8,50 (1972)
19. Simon, K. Praktische Erfahrungen in
der Fließharztechnik
mit Palapress
Dental-Labor 7,31 (1972)

Statistische Literatur

20. Koller, S. Neue graphische Tafeln zur
Beurteilung statistischer
Zahlen
D. Steinkopff Verlag Darmstadt
4. Auflage 1969
21. Weber, E. Grundriß der biologischen
Statistik
G. Fischer Verlag Stuttgart
6. Auflage 1967

Gliederung

I.	Einleitung	S.1
II.	Literaturübersicht	S.2-9
	A.Prothesengießverfahren	S.2
	B.Grundsubstanzen der Dubliermassen	S.4
	C.Bisherige Untersuchungen über Dubliermassen	S.6
III.	Eigene Versuche	S.10-34
	A.Aufgabenstellung	S.10
	B.Material und Methode	S.11-18
	1. Versuchsanordnung und Durchführung	S.11
	2. Statistische Verfahren	S.18
	C.Ergebnisse	S.33
IV.	Diskussion der Ergebnisse	S.35
V.	Zusammenfassung	S.37
VI.	Literatur	S.38

Lebenslauf

Am 24.10.1944 wurde ich als Sohn des Kapitänleutnants z. See und U-Boot Kommandanten Karl-Jürg Wächter und seiner Ehefrau Beate Wächter geb. Krau in Schweidnitz-Schlesien geboren.

Am 5.5.1945 fiel mein Vater. Kurze Zeit vorher war meine Mutter nach Oberweißbach/Thüringen umgesiedelt. Dort heiratete sie 3 Jahre später den Bruder meines Vaters. Ende 1948 zogen meine Eltern nach Alf an der Mosel.

Hier wurde ich Ostern 1951 eingeschult. Anfang 1956 wechselte ich zur Volksschule nach Traben-Trarbach. Am gleichen Ort besuchte ich seit Ostern 1956 das Staatl. Neuspr. Gymnasium. Hier bestand ich am 1.3.1966 die Reifeprüfung.

Am 1.5.1966 wurde ich zum Studium der Zahnmedizin an der Johannes Gutenberg Universität in Mainz zugelassen. Oktober 1967 bestand ich das Vorphysikum, Oktober 1969 das Physikum und schließlich im Juli 1972 das Staatsexamen.

